

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-312318

(43)公開日 平成9年(1997)12月2日

(51)Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/66			H 0 1 L 21/66	J
G 0 1 B 15/00			G 0 1 B 15/00	B
G 0 1 N 37/00			G 0 1 N 37/00	F
G 0 1 R 31/26			G 0 1 R 31/26	J
31/302			31/28	L

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 6 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平8-125591

(22)出願日 平成8年(1996)5月21日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 水野 文夫

茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株式会社日立製作所計測器事業部内

(74)代理人 弁理士 高田 幸彦 (外1名)

Best Available Copy

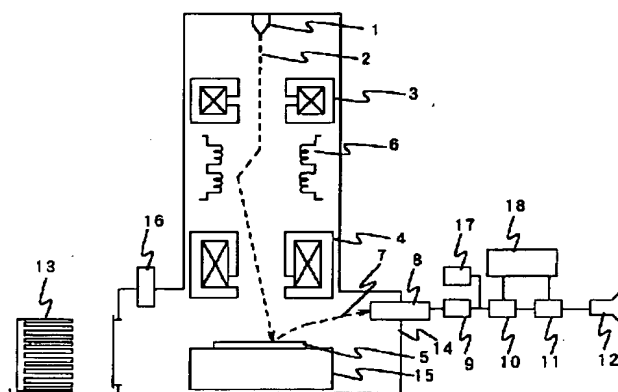
(54)【発明の名称】 パターン欠陥検査装置

(57)【要約】

【課題】本発明の目的は高感度のパターン欠陥検査を高速でかつ誤検出割合を増大させることなしに行うのに適したパターン欠陥検査装置を提供することにある。

【課題解決手段】ウエハ5は電子ビーム2で走査され、それによって生じる二次電子信号は画像メモリ10に記憶され、その記憶された信号はディスプレイ12を輝度変調する。これによって、ディスプレイ12にはウエハのパターン画像が表示される。画像メモリ12には参照パターン画像が予め記憶されており、この画像と検出されウエハパターン画像は比較され、その差がウエハパターンの欠陥として検出される。前記の電子ビームによるウエハの走査は任意の特定された部分だけが走査とされ、これによって前記目的を達成するようにしている。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】プローブで試料面上を走査し、それによって得られる前記試料面上に形成されたパターンの情報にもとづいてそのパターンの欠陥を検査するパターン欠陥検査装置において、前記プローブによる前記試料面上の走査を、その面上の任意に特定された部分について行うようにしたことを特徴とするパターン欠陥検査装置。

【請求項 2】前記特定された部分は前記試料面上の前記パターン以外の領域であることを特徴とする請求項 1 に記載されたパターン欠陥検査装置。

【請求項 3】前記特定された部分は前記試料面上の前記パターン内の領域であることを特徴とする請求項 1 に記載されたパターン欠陥検査装置。

【請求項 4】前記特定された部分は前記試料面上の前記パターンのパターンエッジ領域であることを特徴とする請求項 1 に記載されたパターン欠陥検査装置。

【請求項 5】前記パターンを含む前記試料の試料画像を形成すると共に、該試料画像に対応する参照画像を予め登録しておき、前記試料画像と前記登録された参照画像を比較し、その両画像の差を前記パターンの欠陥として検出することを特徴とする請求項 1～4 のいずれかに記載されたパターン欠陥検査装置。

【請求項 6】前記試料画像内の前記パターンの部分が予め定められた規定範囲から外れた個所を前記パターンの欠陥として検出することを特徴とする請求項 5 に記載されたパターン欠陥検査装置。

【請求項 7】前記試料をブリアライメントし、さらに前記試料のアライメント用参照画像を予め登録しておき、前記試料の、前記アライメント用参照画像に対応するアライメント画像を形成し、該アライメント画像を前記アライメント参照画像と照合して前記試料のアライメントを行うことを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載されたパターン欠陥検査装置。

【請求項 8】検査作業を遂行するための作業指示情報を予め登録しておき、前記試料上に形成された試料番号を読み取り、該読み取られた試料番号をキーとして前記作業指示情報を読み出し、該読み出された作業指示情報にもとづいて前記検査作業を遂行するようにしたことを特徴とする請求項 5～7 のいずれかに記載されたパターン欠陥検査装置。

【請求項 9】位置決めパターン参照用画像を予め登録しておき、該位置決めパターン参照用画像に対応する、前記試料上の位置決めパターンの画像を形成し、該画像と前記位置決めパターン参照用画像を照合して前記試料の位置決めを行うことを特徴とする請求項 5～8 のいずれかに記載されたパターン欠陥検査装置。

【請求項 10】前記試料画像および参照画像の画像パラメータをそれぞれ独立に変更し得るようにしたことを特徴とする請求項 5～9 のいずれかに記載されたパターン欠陥検査装置。

【請求項 11】前記パターンのラインプロファイルを形成すると共に、該ラインプロファイルに対応する参照ラインプロファイルを予め登録しておき、前記ラインプロファイルと前記登録された参照ラインプロファイルを比較し、その両プロファイルの差を前記パターンの欠陥として検出することを特徴とする請求項 1～4 のいずれかに記載されたパターン欠陥検査装置。

【請求項 12】前記ラインプロファイルおよび前記参照ラインプロファイルのプロファイルパラメータをそれぞれ独立に変更し得るようにしたことを特徴とする請求項 11 に記載されたパターン欠陥検査装置。

【請求項 13】前記試料画像は前記プローブを前記試料に予め指定された時間照射した後の画像であることを特徴とする請求項 5～10 のいずれかに記載されたパターン欠陥検査装置。

【請求項 14】前記ラインプロファイルは前記プローブを前記試料に予め指定された時間照射した後のものであることを特徴とする請求項 11 又は 12 に記載されたパターン欠陥検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はパターン欠陥検査装置、特に半導体素子、撮像素子、表示素子などの製造においてパターンの欠陥を検査するのに適したパターン欠陥検査装置に関する。

【0002】

【従来の技術】本発明で対象としているパターン欠陥検査装置の主なものとしては、走査型電子顕微鏡(SEM)、レーザ走査顕微鏡、走査型原子間力顕微鏡、レーザフォーカス顕微鏡などがある。代表的な応用分野として、半導体製造に例を採って説明する。パターンの欠陥検査にはSEMが広く用いられている。以下、SEMの例を説明する。

【0003】図1はSEMの基本的な原理と構成を示す。これはプローブとして電子ビームを用い、視野全面をラスタ走査する方式のものである。

【0004】電子銃1から放出された電子ビーム2は加速された後、収束レンズ3および対物レンズ4によって細く絞られ、試料であるウェハ5の面上に焦点を結ぶ。同時に、電子ビーム2は偏向器6によって軌道を曲げられ、ウェハ面上を二次元あるいは一次元走査する。一方、電子ビーム2で照射されたウェハ部分からは二次電子7が放出される。二次電子は二次電子検出器8によって検出されて電気信号に変換され、該電気信号はA/D変換器9によってA/D変換されて画像メモリ10に記憶され、この記憶された信号は画像処理装置11による処理を受けてディスプレイ12を輝度変調あるいはY変調するのに用いられる。ディスプレイ12は電子ビーム2のウェハ面上走査と同期して走査されており、したがってディスプレイ12上には試料像が形成される。二次

元走査し、輝度変調をかければ画像が表示され、一次元走査し、Y変調をかければラインプロファイルが描かれる。

【0005】SEMを用いてパターン欠陥を検査するときの手順は、例えば、次のようなものである。

【0006】被測定ウェハの一枚5はウェハカセット13から取り出された後、プリアライメントされる。プリアライメントはウェハに形成されたオリエンテーションフラットやノッチなどを基準として、ウェハの方向を合わせるための操作である。プリアライメント後、ウェハ5は真空中に保持された試料室14内のXYステージ15上に搬送され、搭載される。XYステージ15上に装填されたウェハ5は試料室14の上部に装着された光学顕微鏡16を用いてアライメントされる。アライメントはXYステージ15の位置座標系とウェハ内のパターン位置座標系との補正を行うものであり、ウェハ上に形成されたアライメントパターンを用いる。具体的には、光学顕微鏡16による像信号はA/D変換器17によってA/D変換されて画像メモリ10に記憶され、この記憶された信号は画像処理装置11を介してディスプレイ12に導かれ、これにより光学顕微鏡像はディスプレイ12に表示される。アライメントパターンの数百倍程度に拡大された光学顕微鏡像を、予め登録されているアライメントパターンの参照用画像と比較し、その視野が参照用画像の視野と丁度重なるようにステージ位置座標を補正する。アライメント後、電子ビーム走査とステージ移動を組み合わせながらウェハ上の所要検査領域全面をラスト走査し、SEM画像を形成する。形成されたSEM画像は参照SEM画像と比較され、両画像の差異部がパターン欠陥として検出される。参照SEM画像としては、一般的に、直前に検査したチップあるいはセルの同一部分のSEM画像が用いられる。

【0007】なお、画像信号の記憶/読み出し、画像信号処理等の制御はコンピュータ及び制御装置18によって行われる。

【0008】

【発明が解決使用する課題】パターン欠陥の検出感度と検査速度とは相反関係にある。どちらも画素サイズ(視野内の画素数)に依存している。画素サイズを小さく(視野内の画素数を多く)すれば、パターン欠陥検出感度を高くすることができるが、検査速度は低下する。すなわち、高感度でパターン欠陥を検出しようとするれば、所要検査時間は増大することになる。

【0009】パターン欠陥検出感度と誤検出頻度にも相関がある。欠陥検出感度はSEM分解能に比例する。欠陥検出感度を上げるためにSEM分解能を高くすると、パターンエッジ以外の微細構造も鮮明になる。鮮明な微細構造はパターンエッジと混同され、パターン欠陥に対するノイズ(誤検出要因)となる。すなわち、高感度でパターン欠陥を検出しようすると、誤検出割合が増大す

ることになる。

【0010】したがって、本発明の目的は高感度のパターン欠陥検査を高速でかつ誤検出割合を増大させることなしに行うのに適したパターン欠陥検査装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決する手段】本発明は、プローブで試料面上を走査し、それによって得られる前記試料面上に形成されたパターンの情報にもとづいてそのパターンの欠陥を検査するパターン欠陥検査装置において、前記プローブによる前記試料面上の走査を、その面上の任意に特定された部分について行うようにしたことを特徴とする。

【0012】本発明による走査はいわゆるベクタ走査である。このため、画素サイズを小さくしても走査領域が狭いため、画素数が多くはならない。すなわち、画素サイズを小さくし、高感度でパターン欠陥を検出しても、検査時間が短くて済む。また、特定された部分以外からの情報は得られないことになるので、その部分以外の微細構造がパターンエッジ検出のノイズとなることもない。すなわち、分解能を高くし、高感度でパターン欠陥を検出しても、誤検出割合が増大することがない。

【0013】ちなみに、本発明によれば、特定された部分外のピンホール欠陥あるいは島状欠陥は検査されないことになる。しかし、これ等の欠陥が素子の致命的欠陥になる確率は小さく、検査抜けがあっても大きな不都合は生じない。

【0014】

【発明の実施の形態】本発明にもとづくパターン欠陥検査装置のハードウェアに関しては、これは図1のそれと同じであるので、ここで繰り返し説明することは避ける。

【0015】指定パターン領域をベクタ走査する方法としては、例えば、図2(a)～(c)に模式的に示すような方法がある。すなわち、

(1) 図2(a)に示すように、被検査パターン領域の外を電子ビーム走査する。この方法は、ラインパターンを対象とする場合や、レジスト残渣やエッチング残りのような凸型欠陥を検査する場合に有効である。

【0016】(2) 図2(b)に示すように、被検査パターン領域内を電子ビーム走査する。この方法は、ホールパターンを対象とする場合及びレジスト細りやエッチング欠けのような凹型欠陥を検査する場合に有効である。

【0017】(3) 図2(c)に示すように、被検査パターンのパターンエッジ領域を電子ビーム走査する。この方法は凸型、凹型どちらの欠陥検査にも適用できる。図2(a)～(c)に示す方法を、検査すべきパターンの加工上の弱点に合わせて併用すると効果的である。

【0018】パターン欠陥の判定には、例えば、図2～4に模式的に示すような方法を用いる。

【0019】(1) SEM画像(図3(a))を予め登録した参照画像(図3(b))と比較し、両画像の差異部をパターン欠陥として検出する(図3(c))。参照画像との比較には、パターン形状を照合しても良いし、パターンエッジを突き合わせても良い。

【0020】(2) SEM画像(図4(a))内のパターン像が規格範囲(図4(b))から外れた個所を欠陥として検出する(図4(c))。

【0021】(3) 試料ラインプロファイル(図5(a))を予め登録した参照ラインプロファイル(図5(b))と比較し、両プロファイルの差異部をパターン欠陥として検出する。

【0022】(4) 試料ラインプロファイル(図5(a))が参照ラインプロファイル(図5(b))の規格範囲から外れた個所を欠陥として検出する(図5(c))。

【0023】(3)、(4)は、パターンエッジ部を電子ビームで一筆書きする図2(c)の手法と併用すれば、より効果的である。いずれの場合も、例えば、上限規格と下限規格のように、複数の参照画像あるいは規格範囲を設定しても良い。

【0024】図3~5の判定操作のなかで、欠陥サイズおよび欠陥モードについての情報を得ることができる。欠陥判定の内容に、欠陥サイズおよび欠陥モード分類の操作を加えることも可能である。

【0025】試料像および参照像の明度、採度、コントラストなどの画像パラメータをそれぞれ独立に変更し得るようにしたり、あるいは試料ラインプロファイルおよび参照ラインプロファイルの振幅やコントラストなどのプロファイルパラメータをそれぞれ独立に変更し得るにすれば、比較精度向上を図ることができる。

【0026】本発明による操作手順の例を図6に示す。

【0027】被測定ウェハ5は、ウェハカセット13から取り出された後、プリアライメントされる(S1)。プリアライメント後、ウェハ5上に形成されたウェハ番号が、図示されていないウェハ番号読み取り器によって読み取られる(S2)。ウェハ番号は各ウェハに固有のものである。読み取られたウェハ番号をキーにして、コンピュータおよび制御装置18に予め登録されていた、このウェハに対応するレシピが読み出される(S2)。レシピは、このウェハの検査手順や検査条件を定めたものである。以降の操作は、このレシピにしたがって、自動的あるいは半自動的に行われる。レシピ読み出し後、ウェハ5は真空中に保持された試料室14内のXYステージ15上に搬送され、搭載される(S3)。ステージ上に装填されたウェハ5は、試料室14の上部に装着された光学顕微鏡16とウェハ5上に形成されたアライメントパターンを用いてアライメントされる(S4)。アライメントパターンの光学顕微鏡像は、画像メモリ10に予め登録されていたアライメントパターン参照用画像と

比較され、その視野が参照用画像の視野と重なるようにステージ位置座標を補正する。アライメント後、ウェハ5上に形成された位置決めパターンを用いて、ウェハ5上に形成された被検査パターンの精密な位置決めが行われる(S5)。位置決めパターンは、電子ビーム直下にステージ移動された後、電子ビーム照射され、画像形成される。位置決めパターン画像は、アライメント操作と同様に、画像メモリ10に予め登録されていた位置決めパターン参照用画像と比較され、両画像が丁度重なり合うように電子ビームの走査領域を微調整する。位置決めされたウェハ5は、予め指定された検査領域にわたり、パターン欠陥の有無を検査される(S6)。パターン欠陥検査には、前述のベクタ走査法とパターン欠陥検出手段が用いられる。

【0028】パターン欠陥部分の座標位置などの検査データや像はコンピュータおよび制御装置18のデータベースに登録される。さらに、この参照像を併せて登録すれば、検査後のレビュー作業が容易となる。

【0029】このようにして一枚のウェハの検査が終わる。ウェハカセットの中に複数の被測定ウェハが残っている場合には、次のウェハをウェハカセットから取り出した後、図6の操作手順にしたがって繰返し検査を行う。

【0030】参照像は、検査作業前に予め登録することも、検査作業の中で新規に登録したり、登録し直すこともできる。例えば、直前に検査したチップあるいはセルの同一パターン部の像を参照像として、検査作業中に繰返し登録し直すことである。また、参照像として、試料像の代りにパターン設計情報を用いることも可能である。

【0031】電子ビームやイオンビームなどの荷電粒子線を用いた場合で、チャージアップが飽和するまでに時間がかかるような試料については、荷電粒子線を所定の時間照射した後、試料像を取り込むようにすると良い。

【0032】ここでは、XYステージを用いたが、XYステージの代りに、XYT(Tは傾斜を意味する)ステージを用いれば、試料を傾斜した状態でのパターン欠陥検査ができる。

【0033】ここでは、パターン欠陥の検査だけを記述したが、検査結果に異常が認められた場合、欠陥個所の分析データを合わせて取得できるように、特性X線分析器やオージェ電子分析器などの分析機能を付属させることも可能である。

【0034】ここでは、像形成に電子ビームを用いたが、代りに、イオンビームや光ビームあるいはメカニカルプローブなどを用いても良い。

【0035】ここでは、一プローブ一画素の場合を示したが、マルチプローブやマルチ画素で像形成を行う方式であっても構わない。

【0036】ここでは、半導体ウェハを観察する場合に

ついて示したが、代りに、撮像素子や表示素子用のウェハであってもよいし、ウェハ以外の試料形状であっても構わない。

【0037】以上の記載から、高感度でのパターン欠陥検査と高速かつ誤報の少ない検査との両立が図られることが理解される。

【0038】

【発明の効果】本発明によれば、高感度のパターン欠陥検査を高速でかつ誤検出割合を増大させることなしに行うのに適したパターン欠陥検査装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明および従来例を説明するためのSEMの概念図。

【図2】本発明におけるベクタ方式プローブ走査を説明するための図。

【図3】本発明におけるパターン欠陥の判定の仕方の一

例を説明するための図。

【図4】本発明におけるパターン欠陥の判定の仕方のもう一つの例を説明するための図。

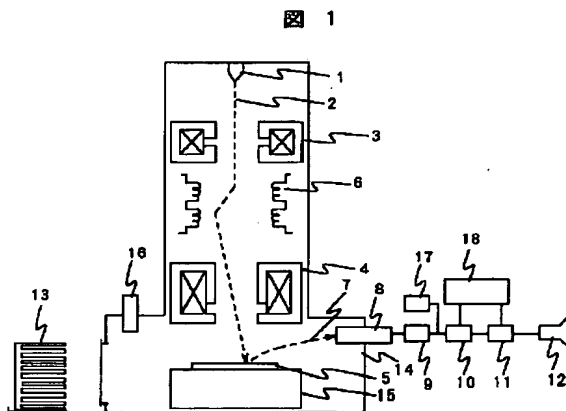
【図5】本発明におけるパターン欠陥の判定の仕方のもう一つの例を説明するための図。

【図6】本発明におけるパターン欠陥の検査フローの一例を示す図。

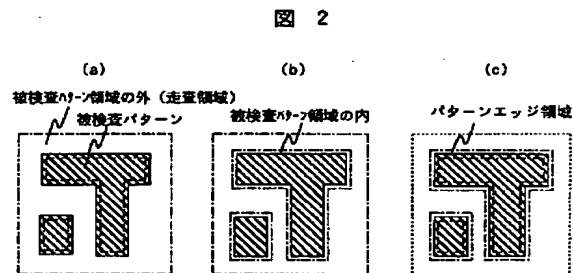
【符号の説明】

1：電子銃、2：電子ビーム、3：収束レンズ、4：対物レンズ、5：ウェハ、6：偏向コイル、7：二次電子、8：二次電子検出器、9、17：A/D変換器、10：画像メモリ、11：画像ジョリ装置、12：ディスプレイ、13：ウェハカセット、14：試料室、15：XYステージ、16：光学顕微鏡、18：コンピュータおよび制御装置。

【図1】

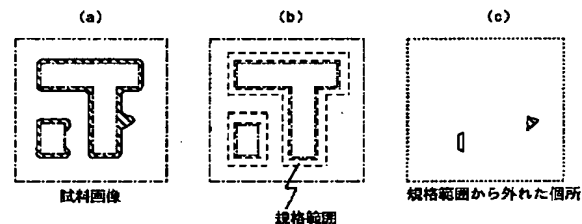


【図2】



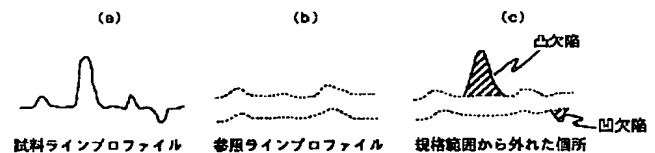
【図4】

図 4



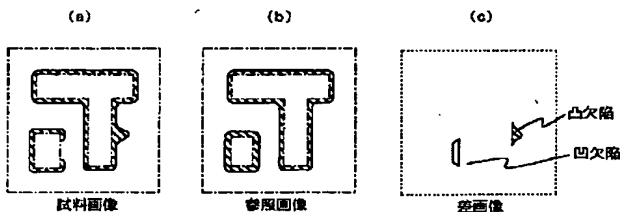
【図5】

図 5



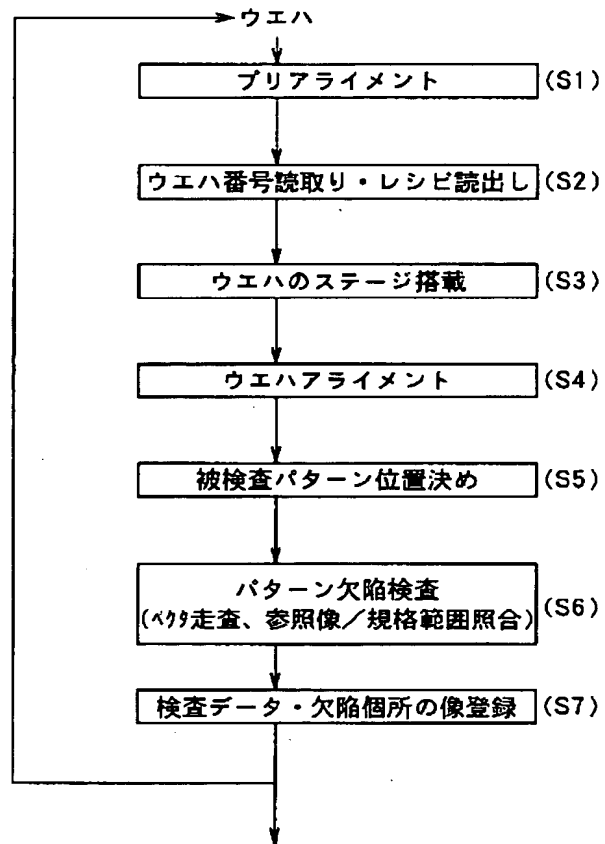
【図3】

図 3



【図 6】

図 6



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

G 0 6 T 7/00

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 6 F 15/62

15/70

技術表示箇所

4 0 5 A

4 5 5 A

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.